

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Bakalářská práce

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra: Katedra oděvnictví v Liberci

Bakalářský studijní program: TEXTIL B3107

Studijní obor: Technologie a řízení oděvní výroby - 3107R004

Zaměření: Oděvní výroba

Evidenční číslo bakalářské práce: KOD/2011/06/08/BS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Název: Studie nahrazení šicího stroje se spojkovým motorem strojem
s plnou automatizací

Title: The study of substitution of hemming machine with the clutch
motor by the machine with the full automation

Autor: Eichler Lukáš
Olomoucká 33
796 01 Prostějov

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim Šubert, Ph.D.

Konzultant: Bc. Pavel Němec

Rozsah práce

Počet stran	Počet obrázků	Počet příloh	Počet zdrojů
54	20	2	16

V Prostějově 13 . květen 2011

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že s o u h l a s í m s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Prostějově dne: 13 . května 2011

.....

Podpis

Anotace

Název BP: Studie nahrazení šicího stroje se "spojkovým" motorem strojem s plnou automatizací

Autor: Eichler Lukáš

Odevzdání BP: 2010/2011

Vedoucí BP: Ing. Radim Šubert, Ph.D.

Bakalářská práce: Zabývá se problematikou nahrazení zastaralého strojního vybavení stroji s plnou automatizací na modelu dílny vyrábějící kalhoty.

Zaměřuje se na popis a funkce použitých elektromotorů. Dále se zabývá jejich vzájemným srovnáním z hlediska produktivity, spotřeby nití a spotřeby energie.

Výsledkem a závěrem práce je vyhodnocení z hlediska ekonomické návratnosti, nutných investic a produktivity dílny.

Klíčová slova

Asynchronní motor

Servomotor

Šicí stroj

Spotřeba elektrické energie

Spotřeba nití

Produktivita

Annotation

Theme: The study of substitution of hemming machine with the clutch motor by the machine with the full automation

Consignment: 2010/2011

Leadership: Ing. Radim Šubert, Ph.D.

The bachelor thesis: It concerned with the problems relating to substitution of obsolete machine equipment by the machines with the full automation on the model of the work-room producing the trousers.

It is focused on description and function of the used electromotors. In the following it concerned with their mutual confrontation in light of productivity, consumption of sewings and the consumption of energy.

The result and conclusion of the thesis is the evaluation in light of economic return, necessary investments and the productivity of work-room.

The key words

Induction motor

Servo-motor

Hemming machine

The consumption of electric energy

The consumption of sewings

Productivity

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Radimu Šubertovi, Ph.D., za konzultace, trpělivost, ochotu a pomoc při zpracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Bc. Pavlovi Němcovi, majiteli PFAFF SERVIS spol. s r.o., za umožnění odborné spolupráce a za veškeré potřebné prospekty k mé práci. A v neposlední řadě rodině, která mě podporovala po celou dobu studia na vysoké škole.

OBSAH

1. ÚVOD.....	8
2. ELEKTROMOTORY	9
2.1 Rozdělení motorů	9
2.2 Asynchronní stroje	10
2.2.1 Rozdělení asynchronních motorů	11
2.2.2 Motor s kotvou nakrátko	12
2.2.2.1 Konstrukce	12
2.2.2.2 Princip činnosti	13
2.2.2.3 Spouštění motorů s kotvou nakrátko	15
2.2.3 Kroužkový motor.....	16
2.2.3.1 Konstrukce	16
2.2.3.2 Princip činnosti	17
2.2.3.3 Spouštění kroužkových motorů	17
2.2.4 Řízení otáček asynchronního motoru	18
2.2.5 Momentová charakteristika	18
2.3 Servomotor	19
2.3.1 Stejnosměrný motor.....	20
2.3.1.1 Princip činnosti stejnosměrných motorů.....	21
2.3.1.2 Spouštění stejnosměrných motorů	21
2.3.1.3 Zapojení stejnosměrných motorů.....	22
2.3.2 Krokové motory.....	23
2.3.2.1 Princip krokového motoru	23
2.3.2.2 Rozdělení krokových motorů.....	24
2.3.3 Střídavé motory AC.....	25
2.3.3.1 Řízení AC pohonů	25
2.3.3.2 Struktura AC pohonu	26
3. POHON ŠICÍHO STROJE.....	28
3.1 Nejvýznamnější pohony šicích strojů.....	28
3.2 Spojkový motor	30
3.3 Stop motory	31
3.3.1 Mechanické stopmotory.....	31
3.3.2 Elektrické stopmotory	32
3.4 Servomotor	32
3.4.1 Ovládání šicího stroje se servomotorem	33
4. MĚŘENÍ SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	34
4.1 Použité měřicí přístroje.....	34

4.2 Použité šicí stroje.....	35
4.3 Technické údaje udávané při měření	37
5. SROVNÁNÍ STROJŮ Z HLEDISKA SPOTŘEBY NITÍ A PRODUKTIVITY.	39
5.1 Faktory ovlivňující spotřebu nitě.....	39
5.2 Metoda stanovení spotřeby nití u stroje s asynchronním motorem a servomotorem	40
5.3 Produktivita	43
6. DÍLNA VYRÁBĚJÍCÍ PÁNSKÉ KALHOTY	45
6.1 Používané stroje na dílně	46
6.2 Nahrazení stroji s plnou automatizací	46
7. STUDIE NUTNÝCH INVESTIC ŠICÍ DÍLNY	47
7.1 Ekonomická návratnost šicí dílny	47
7.2 Produktivita dílny	49
ZÁVĚR	51
POUŽITÁ LITERATURA.....	52
SEZNAM OBRÁZKŮ	53
SEZNAM TABULEK.....	53
SEZNAM GRAFŮ	53
SEZNAM PŘÍLOH.....	54

1. Úvod

Šicí stroje prošly v minulosti velkým rozvojem. Odbouraly práci, která byla velice časově a fyzicky náročná a vyžadovala značnou zručnost, tím urychlily a zjednodušily výrobu oděvů. Na šicí stroj byly postupně kladeny větší a větší nároky. Postupně se šicí stroj vyvinul do nejrůznějších podob, od lehkých a přenosných šicích strojů určených pro domácí šití, přes těžší šicí stroje vhodné pro profesionální šití, až po ty nejtěžší a největší šicí stroje určené pro průmyslovou výrobu. Postupně se přidávaly také nové funkce a stehy. A tak zatímco na počátku švadlena musela šlapat na pedál, který šicí stroj poháněl, později se začaly přidávat pro šicí stroje motory.

Tato bakalářská práce srovnává elektromotory použité v šicích strojích. Je zde hlavně soustředěno na starší stroje se spojovým asynchronním motorem a na nové stroje se servomotorem, plnou automatikou. Tato práce se v první řadě zabývá principem činnosti těchto motorů, rozdělením a konstrukcí. V další kapitole se zabývá různými typy pohonů v šicích strojích.

V další fázi srovnává 2 šicí stroje s asynchronním motorem a 2 šicí stroje se servomotorem, plnou automatikou. Srovnání probíhá v měření spotřeby elektrické energie, spotřeby nití a v produktivitě. Na modelu dílny vyrábějící kalhoty potom demonstrují nahrazení zastaralého strojního vybavení stroji s plnou automatizací.

V konečné fázi vyhodnocují studii nahrazení z hlediska ekonomické návratnosti, nutných investic a produktivity dílny.

2. Elektromotory

Elektromotory jsou stroje, které mění elektrickou energii na mechanickou práci. Opačnou přeměnou je změna mechanické práce na elektrickou energii. Tu provádí dynamo nebo generátor.

Elektromotor pracuje na elektromagnetickém principu. Dále jsou motory založené na jiných elektromechanických jevech, jako jsou například elektrostatické síly, piezoelektrický efekt nebo tepelné účinky proudu. Elektromagnetické motory pracují na principu vzájemného silového působení vodičů, v nichž protéká elektrický proud.

Elektrické motory jsou převážně rotační. Známe však také elektromotor lineární. Rotační motor se skládá ze dvou základních částí. První část je rotující, nachází se obvykle uvnitř motoru. Tato část se nazývá rotor. Pevnou, neboli statickou částí rotačního motoru je stator. [1]

2.1 Rozdělení motorů

Motory rozdělujeme na stejnosměrné motory a střídavé motory.

1) Stejnosměrné motory rozlišujeme na:

- paralelní,
- sériové,
- kompaundní - smíšené buzení,
- protikompaundní,
- lineární.

2) Střídavé motory známe:

- synchronní,
- asynchronní,
- komutátorové,
- krokové.

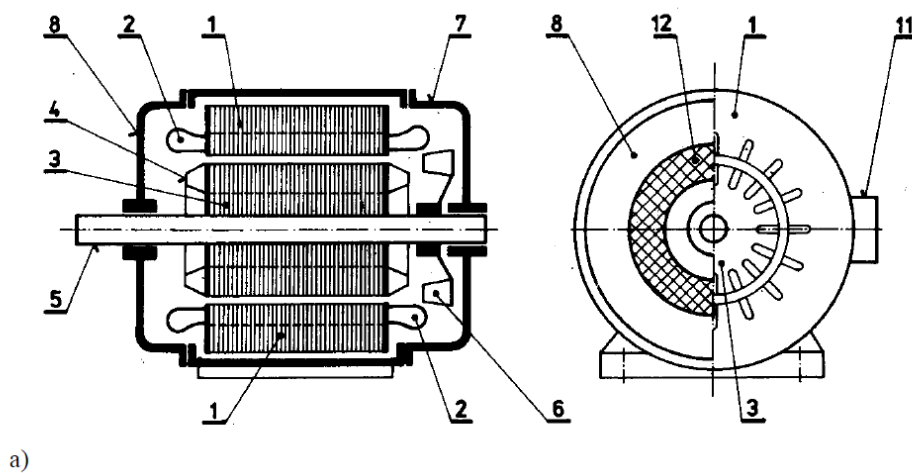
2.2 Asynchronní stroje

Stroje asynchronní jsou elektrické stroje, které umožňují elektromechanickou přeměnu energie. Asynchronní motor je výrobně nejjednodušší, a proto také nejlevnější elektrický motor. Jeho jednoduchost zajišťuje i vysokou spolehlivost. Jeho nevýhodou je obtížná regulace otáček.

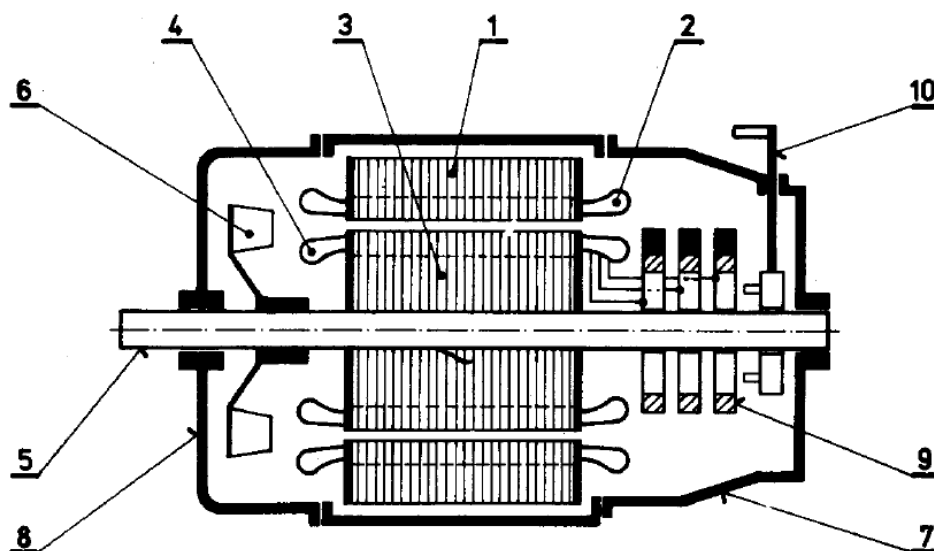
Činnost tohoto motoru je založena na působení točivého magnetického pole. To je vytvořeno statorovým vinutím napájeným trojfázovým proudem. Rotor se zpravidla skládá ze sady vodivých tyčí uspořádaných do tvaru válcové klece. Ten, který má na koncích tyče vodivě spojeny se nazývá *kotva nakrátko*. U stojícího motoru rotující magnetické pole statoru indukuje v tyčích rotoru elektrické proudy, které vytváří své vlastní elektromagnetické pole. Magnetická pole rotoru i statoru spolu navzájem reagují a vzniká tak elektromagnetická síla.

Používají se hlavně jako motory s výstupním mechanickým otáčivým nebo lineárním pohybem. Mezi nejpoužívanější motory patří jednofázové a třífázové.

Třífázové asynchronní motory – trojfázové statorové vinutí, vinutí rotoru klecové (kotva nakrátko) nebo trojfázové s vývody na kroužcích (kroužková kotva). [2]



Obrázek 1: Podélný a příčný řez asynchronního motoru s kotvou: a) nakrátko [2]



b)

Obrázek 2: Podélný a příčný řez asynchronního motoru s kotvou: b) kroužkovou [2]

1 - stator, 2 - statorové vinutí, 3 - rotor, 4 - rotorové vinutí, 5 - hřídel, 6 - ventilátor, 7 - přední štít, 8 - zadní štít, 9 - kroužky a kartáče, 10 - spojovač kroužků nakrátko a odklápěč, 11 - svorkovnice, 12 - chladicí otvory.

2.2.1 Rozdělení asynchronních motorů

Indukční motor může být podle statorového vinutí:

- jednofázový (pro malé výkony),
- dvoufázový (používají se v servomechanismech, do výkonu 100 W),
- trojfázový.

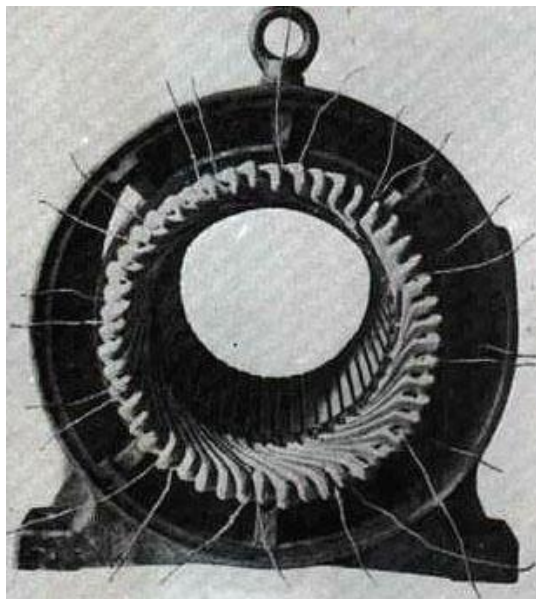
Podle rotorové vinutí jsou asynchronní motory děleny na:

- nakrátko,
- kroužkové.

2.2.2 Motor s kotvou nakrátko

2.2.2.1 Konstrukce

Stator je tvořen mezikružím složeným z dynamových plechů. Vnitřní obvod má drážky, ve kterých je uloženo statorové vinutí. Konce statorového vinutí jsou vyvedeny na svorkovnici.



Obrázek 3: Stator trojfázového asynchronního motoru [3]

Rotor je složen ze svazku elektrotechnických plechů. Nachází se v nich vinutí. Začátky a konce cívek rotorového vinutí jsou zapájeny do lamel komutátoru. Vodiče jsou tvořeny měděnými a nebo hliníkovými tyčkami. Na čelních stranách rotorových plechů jsou spojeny zkratovacími kroužky.

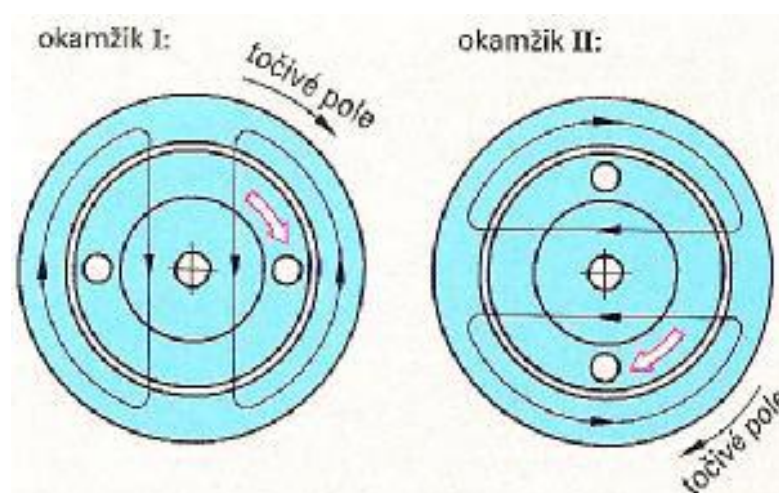
Rotory s kotvou nakrátko nazýváme také klecové, protože pokud je vinutí vyjmuto bez poškození rotoru, připomíná nám klec. [3]



Obrázek 4: Rotor asynchronního motoru s vinutím nakrátko [3]

2.2.2.2 Princip činnosti

Klecové rotory se při zapnutí chovají jako zkratované sekundární vinutí transformátoru. Točivé pole statoru způsobuje podstatné změny magnetického toku ve vodivých smyčkách, které jsou tvořeny vodiči rotoru. Rychlost změn magnetického toku, který prochází vodivými smyčkami stojícího rotoru, odpovídá kmitočtu točivého elektromagnetického pole. Indukované napětí potom vyvolá průtok elektrického proudu klecovým motorem.



Obrázek 5: Neměnný magnetický tok procházející rotorem při synchronních otáčkách [4]

„Podle Lenzova pravidla způsobí magnetické pole indukované proudem v rotoru točivý moment, který rotorem otočí ve směru otáčení točivého pole statoru.

Pokud by otáčky rotoru dosáhly otáček točivého pole statoru, klesl by tak točivý moment na nulu. Točivý moment, který nazýváme skluzové otáčky asynchronního motoru je úměrný rozdílu otáček rotoru a pole statoru.

Asynchronní motor potřebuje skluz otáček k indukci proudu v rotoru.

Otáčky točivého pole jsou dány kmitočtem napájecího napětí odebíraného ze sítě a počtem pólů trojfázového motoru." [4]

$$n_s = \frac{f}{p} \quad [\text{min}^{-1}]$$

n_s ... kmitočet otáčení (synchronní otáčky)

f ... kmitočet proudu (Hz)

p ... počet pólových párů statoru

Při běžné pasivní zátěži se rotor nemůže otáčet stejnými otáčkami jako magnetické pole statoru. Pro generování momentu je nutné, aby rotor měl jiné otáčky než stator. V případě, že by otáčky byly synchronní, rotor a magnetické pole by se vůči sobě nepohybovaly. V rotoru by se pak neindukovalo napětí a nevznikala by točivá síla.

Míra rozdílu otáček pole a rotoru je nazývána *skluz*. Vyjadřuje se v procentech. Platí pro ni vztah:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100 \quad [\%]$$

s ... relativní skluz

n_s ... otáčky točivého pole

n ... otáčky rotoru

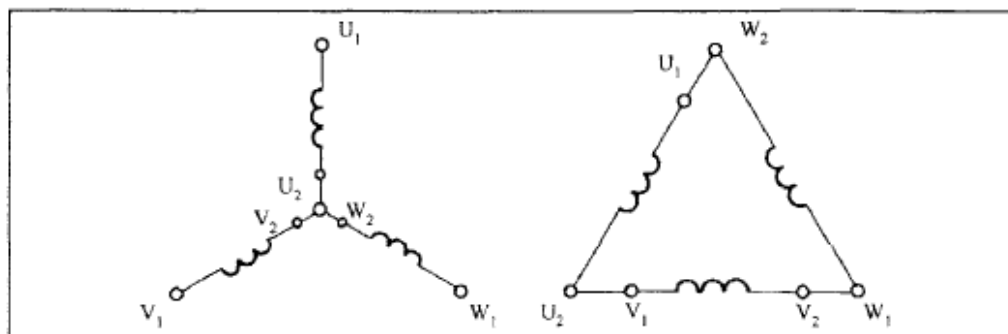
Motor nakrátko je nejrozšířenějším motorem především z těchto důvodů:

- je funkčně i konstrukčně jednoduchý,
- levný,
- provozně spolehlivý,
- bezpečný,
- pohodlně se spouští,
- rozbíhá se s poměrně dobrým záběrným momentem,
- má velkou přetížitelnost,
- při proměnlivém zatížení jsou jeho otáčky téměř stálé,
- vnějším tvarem ho lze přizpůsobit poháněnému stroji,
- nevyžaduje odbornou obsluhu a jeho údržba je jednoduchá. [5]

2.2.2.3 Spouštění motorů s kotvou nakrátko

Při spouštění motorů je potřeba omezit záběrný proud. Je však rovněž nutné, aby záběrný moment zůstal co největší.

- *Přímé připojení motoru k síti* – je nejjednodušší způsob, kdy se motor zapne pomocí stykače. Záběrný proud je u tohoto připojení velký, tím pádem se mohou tímto způsobem připojovat jen malé motory do příkonu maximálně 3kW.
- *Přepínač hvězda - trojúhelník* – motor, který je v zapojení do hvězdy připojen na fázové napětí. Toto napětí je třikrát menší než sdružené, proud je v zapojení do hvězdy třikrát menší. Po rozběhu se přepne motor do zapojení v trojúhelníku. Takto spouštíme motory, které mohou běžet v zapojení do trojúhelníku. Při rozběhu je také menší záběrný moment, proto se motory spouštějí jen bez zatížení (například pily, ventilátory, obráběcí stroje).



Obrázek 6: Spojení vinutí do hvězdy nebo do trojúhelníku [4]

- *Spouštěcí autotransformátor* – má odbočky pro správnou volbu vhodného převodu a napětí. Tím se také volí i vhodný záběrný moment a záběrný proud.
- *Rozběhová spojka* – motor se rozbíhá naprázdno a při dosažení určitých otáček se pomocí rozběhové spojky připojí poháněné zařízení. Tímto způsobem se zkrátí doba rozběhu, ale záběrný proud se nezmenší.
- *Speciální klece* – rotor se vyrábí se speciální klecí:
 - odporovou,
 - dvojitou,
 - vírovou.

Dochází zde k poklesu záběrného proudu a zlepšují se momentové charakteristiky. [6]

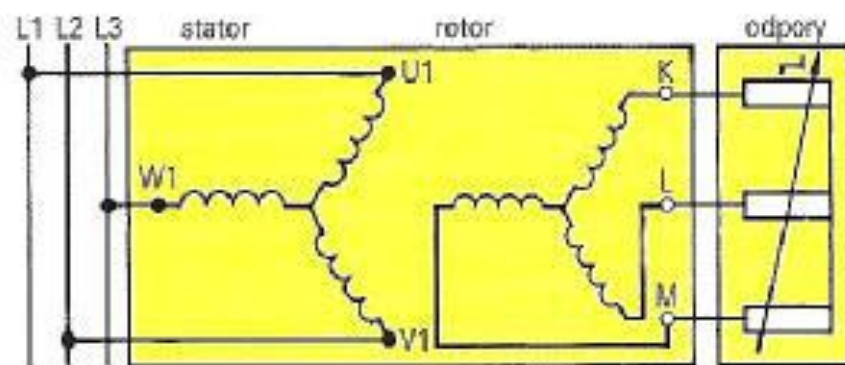
2.2.3 Kroužkový motor

2.2.3.1 Konstrukce

Rotor má trojfázové vinutí z izolovaných vodičů, která jsou uložena izolovaně v drážkách rotorového svazku plechů. Vinutí je většinou spojeno do hvězdy a jeho konce jsou připojeny ke třem izolovaným sběracím kroužkům. Kroužky jsou upevněny na hřídeli rotoru. Na sběrací kroužky jsou připevněny grafitové kartáče, od nichž jde přívod na rotorovou svorkovnici, která je umístěna obvykle na předním štítě. Odpor rotorového vinutí se zvětšuje tehdy, když se ke svorkám rotorové svorkovnice připojuje spouštěč. Větší motory mají odklápeč kartáčů se spojovačem nakrátko, tím se po

dokončení rozběhu spojí sběrací kroužky nakrátko a teprve potom se nadzvednou kartáče, aby se nebrousily zbytečně sběrací kroužky.

Stator motoru s kroužkovou kotvou má obdobnou konstrukci jako stator motoru s kotvou nakrátko. [5]



Obrázek 7: Motor s kroužkovou kotvou s trojfázovým vinutím kotvy a odpory [4]

2.2.3.2 Princip činnosti

Motor s kroužkovou kotvou pracuje obdobně jako motor s kotvou nakrátko. V době, kdy se rotor nepohybuje, stator s rotorem působí jako transformátor. Rotor tady působí jako vinutí sekundární a stator zase jako vinutí primární. Klidovým napětím rotoru nazýváme měřené napětí, které je prováděno při nehybném rotoru.

Rotor, který je zapojen nakrátko, vyvolá indukované napětí v rotoru proud. Proud rotoru a magnetické pole statoru vyvolají otáčivý moment a roztočí rotor. Klidový proud rotoru a klidové napětí rotoru jsou napsány na štítku motoru kvůli dimenzování rozběhových odporů. [6]

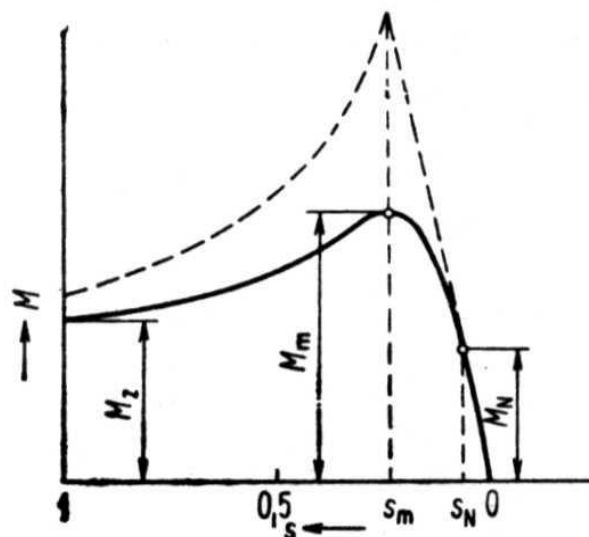
2.2.3.3 Spouštění kroužkových motorů

K rotorovému vinutí se připojí odporový spouštěč, tzv. spouštěcí rezistor. Jeho odpor lze pozměnit v několika stupních. Tím se mění odpor rotorového vinutí. Když změníme odpor rotorového vinutí, měníme tak i velikost proudu. Při rozběhu je zařazen celý odpor spouštěče, tzv. velký odpor, malý proud. Jednotlivé stupně spouštěče se odpojují, a tím pádem se postupně zvyšuje proud a zmenšuje odpor vinutí. Spouštěč se odpojí po spuštění motoru.

2.2.4 Řízení otáček asynchronního motoru

- *Řízení otáček změnou skluzu* - použít ho lze pouze u motoru s kroužkovou kotvou. Rozdíl je v tom, že místo spouštěče se použije reostat. Tím měníme skluz a odpor vinutí kotvy.
- *Řízení otáček změnou počtu pólů* – ve statoru je několik skupin cívek. Zde dochází k přepínání mezi jednotlivými skupinami cívek, mění se otáčky a počet pólových dvojic magnetického pole. Změna otáček je možná skokem. Toto se používá u motorů s kotvou nakrátko. U kroužkových motorů by bylo nutné přepínat i rotorové vinutí.
- *Řízení otáček změnou frekvence* – používají se polovodičové, tzv. (tyristorové) měniče frekvence, které se mění od 10 do 100 Hz. Je tak umožněna plynulá změna otáček.

2.2.5 Momentová charakteristika



**Momentová charakteristika
asynchronního motoru**
 M_z — záběrný moment, M_N — jmenovitý
moment, M_m — moment zvratu
(maximální), s_m — skluz zvratu, s_N —
jmenovitý skluz

Obrázek 8: Momentová charakteristika asynchronního motoru [4]

Momentovou charakteristikou je udávána závislost momentu síly, tzv. otáčivého momentu, na skluzu.

Moment síly - síla, která působí na rotor $M = F * r$ (F - síla působící na rotor, r – poloměr rotoru).

Motor se rozbíhá se záběrným momentem M_z , až do maximálního momentu M_m , je v *nestabilním stavu*. Malá změna zatížení pak způsobí změnu otáček a motor se může zastavit. Když překoná maximální moment, motor se dostává do *stabilního stavu* a pracuje ve svém jmenovitém stavu. Jmenovitý moment M_N , se jmenovitými otáčkami n_N . Na změnu zatížení v tomto stavu zareaguje motor tak, že nepatrně změní otáčky.

Se záběrným momentem souvisí také *záběrný proud*. Motor je při spouštění připojen k síti. Rotor se ještě netočí, ale začíná se pomalu rozbíhat. Motor je v tzv. *zkrat*u, kdy odebírá ze sítě zkratový proud. Motory jsou na tento proud dimenzovány, ale zkratový proud zatěžuje velmi síť, proto je nutné motory spouštět s co největším omezením zkratového proudu. [6]

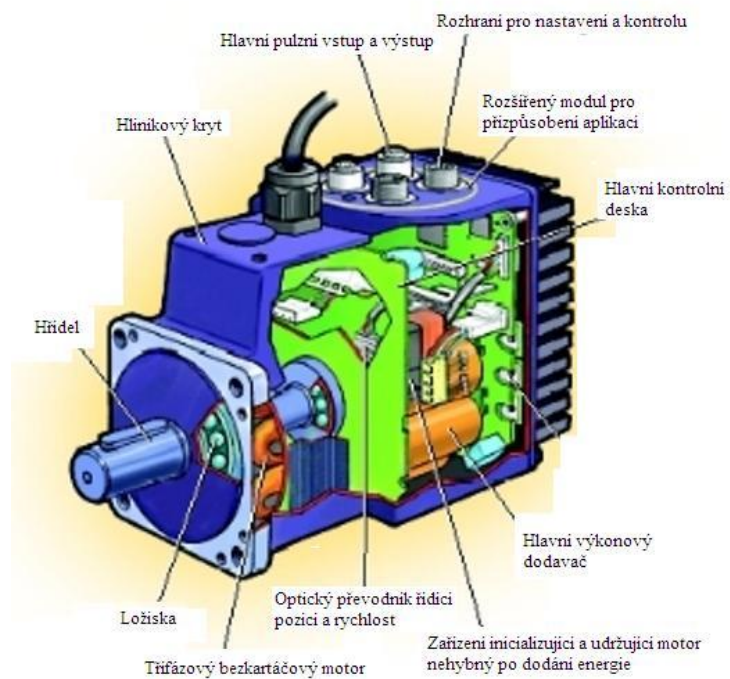
2.3 Servomotor

Servomotor je motor, který se používá zejména pro elektrické pohony, u kterých je možné nastavit přesnou polohu natáčení osy. Říká se mu také zkráceně servo. Elektrické servomotory jsou většího výkonu a jsou řízeny tranzistorovými měniči s pulzní šířkovou modulací.

Pomocí servomotoru se ovládají například:

- posuvy u CNC strojů,
- nastavení čtecí hlavičky pevného disku.

Poloha hřídele servomotoru se zajišťuje elektricky, a to buď pomocí fotoelektrického snímače, nebo rozkladače. Pro levné aplikace je většinou používáno optické snímání pomocí kódového kotoučku nebo proužku. Signál, který je veden ze snímače polohy je převeden pomocí zpětné vazby na regulátor. Ten porovnává skutečnou polohu motoru s žádanou. Podle rozdílu mezi těmito polohami řídí regulátor měnič a nastavuje tak motor na žádanou polohu. [7]

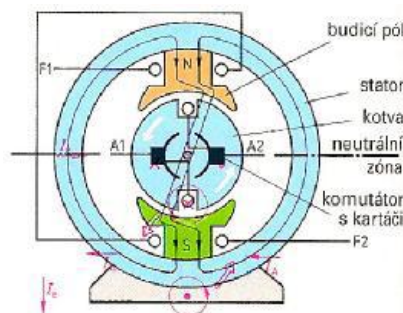


Obrázek 9: Servomotor [8]

Servomotory rozdělujeme na:

- stejnosměrné,
- krokové,
- střídavé.

2.3.1 Stejnosměrný motor



Obrázek 10: Stejnosměrný motor s cizím buzením [8]

2.3.1.1 Princip činnosti stejnosměrných motorů

Rozběhový moment těchto typů motorů je poměrně velký. Stejnosměrné motory umožňují stupňovité řízení otáček. V porovnání s motory s točivým polem mohou být tyto otáčky stejnosměrných motorů znatelně vyšší.

„Budicí vinutí, které protéká stejnosměrným proudem, vytváří budicí magnetické pole. Magnetický tok se tak uzavírá přes jádro kotvy. Má-li kotva závit (nebo celé vinutí) protékaný proudem, překrývá se magnetické pole této proudové smyčky pod každým hlavním pólem s budícím magnetickým polem.

Na vodiče závitů protékaných proudem působí pod každým pólem síla, jejíž směr lze určit podle pravidla levé ruky. Vzniká tak točivý moment otáčející smyčkou směrem k neutrální zóně. V neutrální zóně nepůsobí na smyčku žádný točivý moment. Pro zachování dosavadního směru otáčení proudem protékané smyčky je třeba po průchodu neutrální zónou změnit (přepólovat) směr průtoku proudu smyčkou. Toto přepólování je zajištěno komutátorem. K získání rovnoměrného a velkého točivého momentu je kotva opatřena více smyčkami (vinutími), rozloženými po obvodu kotvy (rotoru).

Jednotlivá vinutí rotoru jsou spojena s lamelami komutátoru tak, že strany cívek pod jedním budícím pólem jsou protékány proudy stejného směru. Osa magnetického pole kotvy zůstává proto ve stejné poloze i přesto, že se kotva otáčí". [3]

Budicí magnetická pole statoru a magnetické pole statoru jsou zdrojem točivého momentu komutátorových motorů.

2.3.1.2 Spouštění stejnosměrných motorů

Stejnosměrné motory mají kotvy s velmi malým odporem. Při zapnutí na plné provozní napětí protéká motorem proud, který je několikanásobně vyšší než proud jmenovitý, který motorem protéká již při nízkém napětí. Aby bylo možné spustit velké motory, je nutné použít spouštěcí odpor, který je do obvodu kotvy zapojen sériově s vinutím.

Je možné je nastavovat stupňovitě nebo plynule a během rozběhu motoru omezují proud.

2.3.1.3 Zapojení stejnosměrných motorů

a) *Motor s cizím buzením*

Budicí vinutí motoru s cizím buzením není propojeno s obvodem kotvy a je napájeno vnějším zdrojem stejnosměrného napětí. Při rozběhu a při snižování otáček je snižováno napětí na kotvě. Aby se zvýšily otáčky stejnosměrného motoru s cizím buzením nad jmenovité otáčky, je možné použít regulační odpor v obvodu budicího vinutí, kterým je možno snížit budicí proud.

Motory, které mají místo budicích cívek permanentní magnety, jsou také stejnosměrné motory s cizím buzením.

Používají se jako pohony šicích strojů s proměnlivým mechanickým odporem, a to například pro pohon obráběcích strojů.

b) *Derivační motor*

Derivační motor má budicí vinutí zapojeno paralelně k vinutí kotvy. Při jeho provozu nesmí dojít k odbuzení. V případě, že by k odpojení buzení došlo, kotva by se mohla ve slabém poli zbytkového magnetismu roztočit do příliš vysokých otáček. Běží-li derivační motor naprázdno a je-li zatížen, chová se jako motor s cizím buzením.

Jeho otáčky lze regulovat spouštěcím odporem a odporem regulátoru budicího pole.

c) *Motor se sériovým buzením*

Budicí vinutí tohoto motoru je zapojeno do série s vinutím kotvy. Ze všech stejnosměrných motorů má největší rozběhový moment. K jeho rozběhu a řízení otáček se používá předřazený stavitelný spouštěcí odpor. Otáčky jsou velmi závislé na zatížení. Veškerý proud kotvy protéká i budicím vinutím a je stejně velký.

Při rozběhu bez zatížení postupně klesá proud a slábnutí budicího pole podporuje další nárůst otáček. Při běhu naprázdno se tyto motory přetočí.

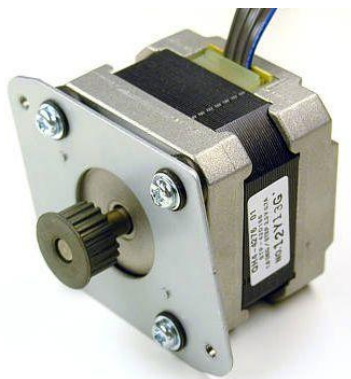
Používají se zejména jako pohon vozidel, jako například elektrických nákladních kar, tramvají či elektrických lokomotiv.

d) Kompaundní motory

Tyto motory mají jak sériové, tak paralelní budicí vinutí. Při chodu naprázdno se kompaundní motory chovají jako motory derivační. Pokud dojde k zatížení, otáčky klesají rychleji než u motorů derivačních. Používají se například u zdvihacích mechanismů.

Na pólech statoru kompaundního motoru je navinuto sériové i paralelní budicí vinutí. Otáčky kompaundního motoru je možné regulovat odporem spouštěče a odporem regulátoru pole. V kompenzovaném kompaundním motoru je sériové budicí vinutí zapojené tak, že jeho magnetické pole má stejný směr jako pole paralelního vinutí. [3]

2.3.2 Krokové motory



Obrázek 11: Krokový motor [16]

2.3.2.1 Princip krokového motoru

Jedná se o jediný typ pohonu, který v případě, že je zajištěno vykonání každého kroku motorem, může nastavovat polohu bez zpětné vazby od odměřované polohy. Považujeme ho za nejjednodušší akční člen pro převádění digitálního signálu na polohu.

V synchronním motoru se nachází točivé pole, které je generované třífázovým sinusovým napájecím napětím statorového vinutí. U krokového motoru je namísto toho generováno tzv. poskakující magnetické pole postupným napájením jednotlivých pólových dvojic stejnosměrným proudem. Počet kroků motoru na jednu otáčku určuje počet stabilních poloh rotoru.

Mezi typické aplikace krokových motorů patří:

- pohony periferních zařízení počítačů - diskové paměti, tiskárny a plotry,
- pohony digitálních hodinek,
- servomechanismy nastavování polohy souřadnicových stolů pro vrtání plošných spojů,
- roboty pro bezobslužné výrobní stroje,
- malé manipulátory.

2.3.2.2 Rozdělení krokových motorů

a) Krokové motory reluktanční

Krokové motory reluktanční obsahují póly vyjádřené na statoru i rotoru. Využívají velmi rozdílné magnetické vodivosti v příčné a podélné ose. Pro funkčnost je nutný rozdílný počet pólů na statoru a na rotoru.

b) Krokové motory s permanentními magnety

Jsou také označovány jako krokové motory s aktivním rotorem. Tento typ motoru je dražší a jeho magnetický obvod je složitější. Počet pólů na statoru i rotoru je různý. Póly na rotoru jsou permanentní magnety. Krokové motory s permanentními magnety vykazují výrazný reluktanční moment také ve stavu, kdy statorové vinutí není napájeno.

c) Krokové motory hybridní

Jsou konstrukčně založeny na principu jak krokových motorů reluktačních, tak krokových motorů s permanentními magnety. [8]

2.3.3 Střídavé motory AC



Obrázek 12:AC servomotor [16]

Střídavé motory AC patří mezi nejpoužívanější typy servomotorů vůbec. Jsou to bezkartáčové motory synchronní s permanentními magnety na rotoru a třífázovým vinutím ve statoru. V dnešní době si může konstrukce motoru s použitím nových magnetických materiálů dovolit až 5-násobné momentové přetížení. Tyto motory jsou pak vhodné pro velmi náročné úlohy s nízkou spotřebou, jako je např. provoz silničních elektromobilů. Když se motor doplní vhodnou převodovkou, pak je možné optimalizovat potřebný moment k otáčkám pohonu.

Servomotory s 8-pólovou konstrukcí se většinou vyrábí do výkonu 2,2 kW, s 6-pólovou konstrukcí mohou být až do výkonu 9,7 kW. Malé servomotorky, které jsou 6-pólové, se vyrábí do výkonu 630 kW. Tyto motorky mají otáčky až 12 000 za min.

2.3.3.1 Řízení AC pohonů

Řídicí systém by měl obstarávat především tyto funkce:

- generovat řídicí pulsy pro střídač, a řídit tak tvar a velikost jeho výstupního napětí,
- realizovat regulační algoritmy,

- měření a indikování veličin, které jsou nutné pro správný chod pohonu a pro nadřazený systém,
- zvyšovat uživatelský komfort, např. autotuning - automatické ladění parametrů pohonu.
- zajišťovat ochranu systému před nadproudy, přehřátím, přetížením, výpadkem elektrické sítě apod.

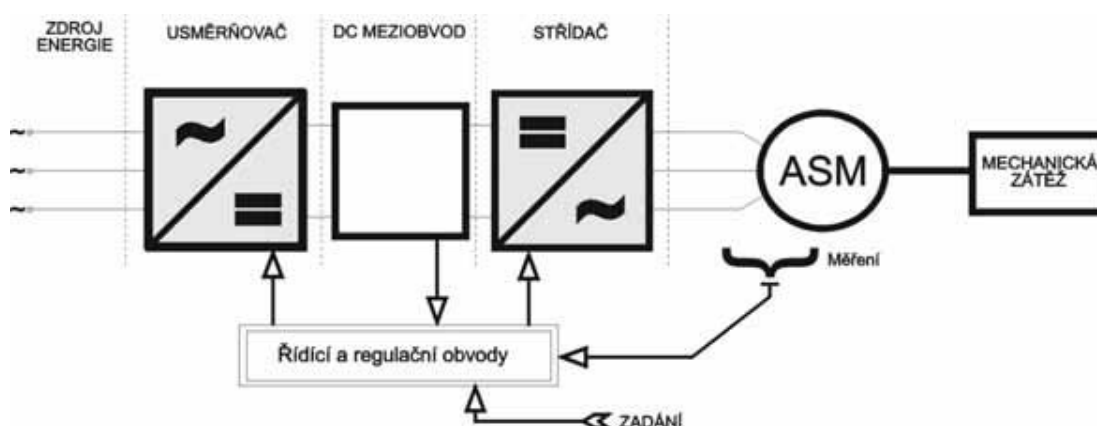
Pohon, který je inteligentní by měl zajišťovat i další přídatné funkce, jako např. komunikaci s ostatními pohony a s nadřazeným systémem, nastavitelné omezení veličin, diagnostika, hledání poruch, optimalizace pohybu a spotřeby elektrické energie nebo zajišťování protokolu o provozu.

U sériově vyráběných AC pohonů je obvykle možné programově nastavit tyto parametry:

- rampa rozběhu a brždění,
- možnost nastavit zvýšení momentu,
- kompenzace skluzu,
- energeticky nastavit úsporný chod při sníženém zatížení,
- omezit vibrace motoru,
- tepelná ochrana měniče i motoru,
- opětovný start při výpadku síťového napájení,
- ochrana proti zastavení motoru,
- nastavení různých typů závislostí U/f ,
- možnost využití více rychlostních vstupů,
- komunikace s PC přes sériové rozhraní.

2.3.3.2 Struktura AC pohonu

Pro regulaci momentu a otáčivé rychlosti AC motorů se v dnešní době většinou používá statický měnič frekvence. V závislosti na frekvenci výstupního napětí měniče, kterým je motor napájen, se mění rychlost otáčení magnetického pole ve vzduchové mezeře. V dnešní době se nejvíce uplatnil tzv. nepřímý měnič frekvence se stejnosměrným (DC) meziobvodem.



Obrázek 13: Obecné schéma frekvenčního měniče s DC meziobvodem [8]

Tento typ měniče se skládá z následujících čtyř hlavních částí:

a) *Usměrňovač*

Pomocí usměrňovače se přeměňuje vstupní střídavé napětí na stejnosměrné pulzující napětí. Může být také neřízený, plně řízený (tyristorový nebo tranzistorový) nebo polořízený (kombinace obou). K potlačení nepříznivých zpětných vlivů polovodičových usměrňovačů na napájecí síť se musejí instalovat kondenzátory pro kompenzaci jalové energie, rezonanční obvody pro filtraci a rádiové rušení.

b) *Stejnoseměrný meziobvod*

V dnešní době existují tři typy. První typ přeměňuje DC napětí z usměrňovače na DC proud. Druhý stabilizuje pulzující DC napětí. Třetí typ upravuje konstantní DC napětí z usměrňovače na jinou hodnotu. Stejnoseměrný meziobvod je považován za zdroj, ze kterého čerpá střídač energii pro svou práci. Typ použitého meziobvodu závisí na použitém střídači a usměrňovači.

c) *Střídač*

Jedná se o poslední výkonový prvek před motorem, který provádí poslední úpravy napětí v závislosti na zatěžování motoru. Střídač odebírá z DC meziobvodu buďto proměnný DC proud, konstantní DC napětí nebo proměnné DC napětí a upravuje jej na střídavé napětí. [8]

3. Pohon šicího stroje

Pohony u šicích strojů jsou elektrické a obstarávají hlavní pohyb umožňující samotné šití. Jde o hnací jednotky (motor pohánění hlavní hřídel šicího stroje), krokové motorky, podporující hlavně posuv díla, pneumatické, zajišťující pomocný pohyb vedlejších operací stroje (jako například zdvih patky, posun šitého díla nebo odstřih nitě) a elektromagnetické, které zajišťují stejný pohyb jako pohon pneumatický.

Pro průmyslové šicí stroje bez automatizačních prvků se používají elektromotory na střídavý proud, tj. třífázové 230/400 V. Výkony elektromotorů se pohybují od 0,245 kW do 0,736 kW při otáčkách od 1 400 do 2 800 za minutu. Motory jsou normálního provedení s kuželovou nebo diskovou třecí spojkou ovládanou šlapadlem. V minulosti se používaly vario-stop-motory, které umožňovaly pomocí elektronických vestavěných prvků ovládat polohu vpichu jehly, takže jehla mohla zůstat v horní poloze nebo v dolní poloze zapíchnutá v šitém materiálu podle potřeby prováděné technologické operace. Vario-stop-motory umožňovaly použít přídatná zařízení, jako například automatický odstřih nití nebo zvedání přitlačné patky. [10]

Elektromotor bývá umístěn:

- na podstavci šicího stroje, kde je převod pohybu na hnací hřídel zajištěn klínovým řemenem,
- na rameni šicího stroje s hřídelem souosým s horním hnacím hřídelem.

3.1 Nejvýznamnější pohony šicích strojů

- Stop motor* – jedná se o třífázový spojkový elektromotor. Spojka a brzda jsou elektricky řízeny.
- Spojkový motor* – jedná se o asynchronní třífázový elektromotor, který neumožňuje regulaci přesných otáček. Není rovněž možné ovlivňovat polohu zastavení. Je využitelný téměř u všech průmyslových šicích strojů.
- DC servomotor* - dovoluje nám zkrátit čas jednoho cyklu.

- d) *AC servomotor* – jedná se o jednofázový elektronický servomotor. Je zde možná regulace počtu otáček. Polohu zastavení jehly můžeme rovněž regulovat. Jeho spotřeba energie je nižší. Nejvíce se používá na elektronicky řízené šicí stroje a je nejvíce využíváný.

Krokový motor

Je řazen do skupiny přídavných zařízení. Je možné ho přimontovat do stroje k vykonání nějakého úkonu, nejčastěji k posuvu materiálu. Je velmi přesný, a to až na 0,1 mm. Mezi největší nevýhody patří trvalé odebírání elektrické energie i v době, kdy se motor netočí. Ovládání těmito motory je však kvalitnější než u elektromagnetických nebo pneumatických pohonů. U automatických šicích strojů se krokové motory používají s pneumatickými písty, aby zkvalitnily pomocné operace, například posuv materiálu nebo přitlačení přítlačnou patkou.

Elektromagnet

Řadíme ho do skupiny přídavných prvků. Elektromagnet slouží jako pohon ke spouštění rámečku, odstřihu nití nebo k posuvu přítlačného ústrojí. Jeho práce je založena na přívodu elektřiny vtahováním jádra elektromagnetu. Mezi největší nevýhody patří: menší rychlost, horší možnost zástavby do stroje, větší hmotnost a hlučnost. Je však praktičtější, protože elektřina je vždy přivedena ke stroji.

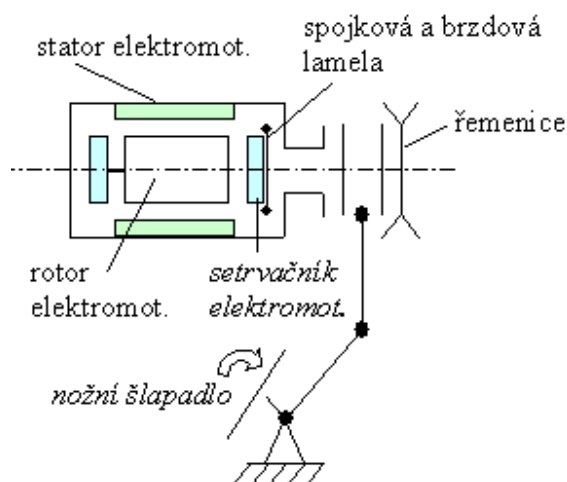
Pneumatický motor

Pneumatický motor je používán jako přídavné zařízení. Slouží k vykonání pohybových úkonů stroje, a to například zdvih přítlačného rámečku nebo patky, posuv šitého materiálu, proseknutí nožem šité dílo či odstřih nití. Řadíme ho mezi tekutinové pohony. Mezi největší výhody pneumatického motoru patří lehkost, tichost, je malý a cenově příznivější než elektromagnet. Kompresorem vyprodukovaný vzduch působí silou na píst. Z jedné strany nádoby přenesení píst na druhou a dá pokyn k vykonání operace. Pneumatický píst se pak uvolní a vypustí stlačený vzduch. Stlačený vzduch působí silou na kladku, která dá pokyn k vykonání úkonu. Výkonnost pneumatického motoru závisí také na množství vzduchu a správném tlaku.

Tyto uvedené pohony šicích strojů slouží také jako pohon některých přídatných zařízení, jako zdvih rámečku, průsek šitého materiálu, jeho posuv nebo odstřih nití. [9]

3.2 Spojkový motor

Tento typ motoru je třífázový a umožňuje maximální rychlost 2 800 ot./min. Motor, pomocí kterého je zajištěn chod šicího stroje, se ovládá nožním spouštěčem. Jeho rychlost je závislá zejména na míře sešlápnutí tohoto spouštěče pracovníkem. Pokud chceme, aby šicí stroj šil rychleji, musíme nožní spouštěč sešlápnout více. Jedná se o nejstarší typ pohonu používaný u průmyslových šicích strojů (1 či 2-jehlové, s klikatým vázaným stehem). Pro jeho jednoduchost a cenovou dostupnost je stále u nejjednodušších šicích strojů bez automatizačních prvků používán.



Obrázek 14: Schematický obrázek spojkového elektromotoru pro šicí stroje [12]

Řízení stroje je prováděno přesunem spojky, která je ovládaná pedálem u šicího stroje. Zastavení stroje je provedeno povolením pedálu a přesunem spojky na brzdu. Řízení není příliš přesné. Nelze programovat zastavení a otáčky šicího stroje. Nejběžnější použití je pro řízení pro stroje s obnitkovacím stehem (bez odstřihu). Je zde velká spotřeba elektrické energie, protože motor neustále běží. Asynchronní motor pracuje při 6% skluzu. Otáčky se řídí prokluzem spojky.

3.3 Stop motory

Jedná se o pohony průmyslových šicích strojů. Umožňují využít u šicích strojů základní automatizační prvky, mezi které se řadí:

- zastavení jehly ve zvolené poloze,
- automatický odstřih nití,
- automatické zvedání patky po ukončení šicí operace,
- automatické zpátkování.

3.3.1 Mechanické stopmotory

Mechanický stopmotor vychází přímo ze spojkového motoru, který je doplněn o druhý asynchronní motor nižšího výkonu (50-100 W) s převodem, elektromagneticky ovládané spojky - pomocné brzdy se snímačem poloh hlavního hřídele šicího stroje. Tento stopmotor umožňuje provádět automatický odstřih a zastavování se v polohách.

Motor sestává z asynchronního motoru, který trvale běží, elektromagneticky ovládané třecí spojky a brzdy, snímače rychlosti otáčení a poloh hlavního hřídele, snímače polohy šlapadla a elektronické části. V tomto uspořádání se využívá kinetické energie rotoru a setrvačníku při rozběhu stroje i při odstřihu.

Motor je navržen na vyšší výkon než je udávaná jmenovitá hodnota. Je to z toho důvodu, že ventilátor motoru chladí i obložení spojkové a brzdové části. Například při udávané hodnotě 550 W má motor výkon při přípustném oteplení až 1 kW.

Mezi největší výhody mechanických stopmotorů tedy patří:

- vysoký krouticí moment v malých otáčkách,
- nízké nároky na výkonovou část elektroniky.

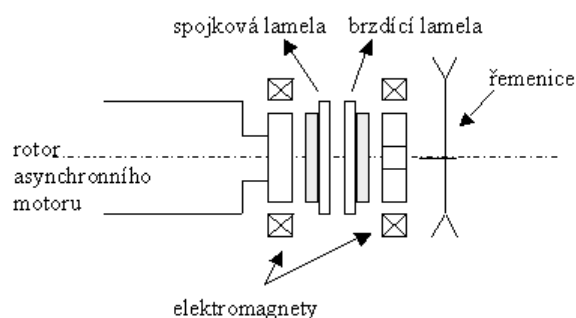
Mezi největší nevýhody patří:

- *malá účinnost.* Nejvíce účinný je asynchronní motor v oblasti jmenovitého zatížení. Zatížení je proměnné od nuly po hodnotu, která překračuje hodnotu jmenovitou,
- *vysoký příkon pohonu v klidu.* Je způsobeno tím, že asynchronní motor nepřetržitě běží.

- *opotřebování spojkových a brzdových obložení. Výměna je nutná zhruba po dvou letech. [11]*

3.3.2 Elektrické stopmotory

Elektrické stopmotory umožňují použít mikroprocesory. Speciálními elektromagnety se řídí třecí síly mezi lamelou a setrvačníkem elektromotoru. Speciální elektromagnety jsou ovládány řídicím modulem šicího stroje. [12]



Obrázek 15: Schéma elektrického stopmotoru pro pohon šicích strojů [12]

3.4 Servomotor

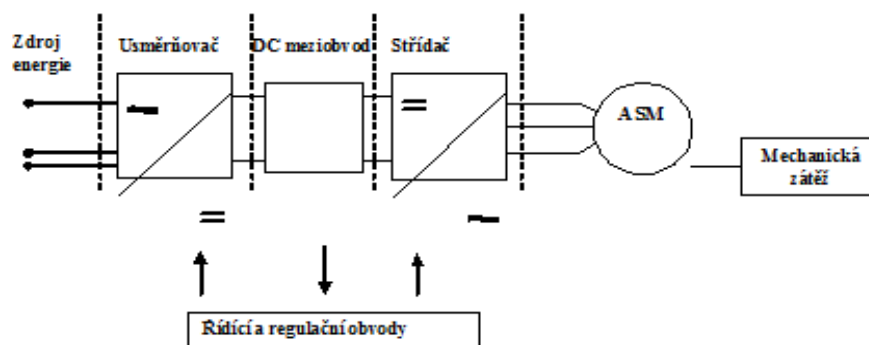
Jedná se o motory, které umožňují ovládat polohu vpichu jehly za pomoci vestavěných elektrických elementů, umožňují také zpětnou vazbu, regulaci otáček a polohy. Servomotory, které jsou přímo v hlavě šicího stroje mají řadu výhod:

- nižší hlučnost,
- menší vibrace,
- rychlejší reakce,
- není zde nutnost převodu.

Starší typy a nízkootáčkové typy využívaly pro zrychlení převodu poměr na řemenici. Vysokootáčkové typy umožňují plynulou regulaci otáček v rozmezí $0 - 9000 \text{ ot./min}^{-1}$.

Pro šicí stroje jsou používány dva druhy servomotorů:

- AC bezkartáčové motory,
- DC motory s permanentními magnety.

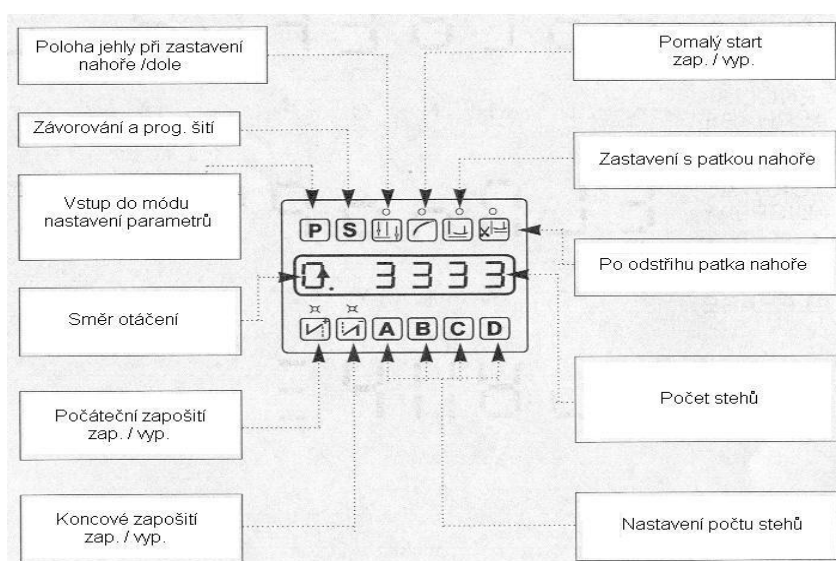


Obrázek 16: Schematický obrázek AC servomotoru pro šicí stroje [12]

3.4.1 Ovládání šicího stroje se servomotorem

Ovládání rozlišujeme na místní a dálkové. Součástí měniče bývá ovládací panel s klávesnicí a LCD displejem. Je tak možné servomotoru zadávat hodnoty a funkce.

Novější typy LCD panelů mají vstup pro paměťové karty, na kterých jsou přímo naprogramované požadavky. V jiných případech je pro programové nastavení stroje nutné připojit LCD panel k počítači. [13]



Obrázek 17: LCD displej pro stroj s vázaným stehem [16]

4. Měření spotřeby elektrické energie

V dnešní době se ceny energií stále zvyšují. Nesmíme zapomenout na to, že často používáme řadu let staré výrobky, které mají většinou vyšší spotřebu než nové moderní produkty. U starých výrobků se též může projevit negativně i opotřebení, které se projevívá zvýšením spotřeby elektrické energie. Na měření spotřeby elektrické energie se používají měřicí prostředky sloužící k převodu měrné veličiny na záznam ukazující informaci o měřené veličině. Jsou to přístroje pro přesná nebo orientační měření, jednorozsahová či vícerozsahová, analogová i digitální.

4.1 Použité měřicí přístroje

- *Energy Monitor 3000*

Tento výrobek je určen pro měření a sledování spotřeby elektrické energie. Výkon je možné měřit pouze u spotřebičů se jmenovitým výkonem od 1,5 W do 3 000 W. Pomocí přístroje Energy Monitor 3000 je také možné sledovat a měřit dobu připojení elektrického spotřebiče k přístroji, činný a jalový výkon, frekvenci sítě či $\cos \varphi$ u elektrických spotřebičů. Pomocí tohoto malého elektronického přístroje můžeme zjistit náklady elektrických spotřebičů na spotřebu elektrické energie a budoucí náklady za určité časové období. U připojeného spotřebiče zjišťuje napájecí napětí a jeho frekvenci či velikost protékajícího proudu.

Energy Monitor 3000 se zasune do elektrické zásuvky veřejné elektrické sítě 230 V AC/50 Hz a připojí se k němu elektrický spotřebič, u kterého chceme některou z těchto hodnot zjistit. Naměřené hodnoty jsou pak znázorněny na LCD displeji. [14]



Obrázek 18: Měřič spotřeby elektrické energie - Energy Monitor 3000 [14]

4.2 Použité šicí stroje

Vybrané šicí stroje pro měření spotřeby elektrické energie jsou vytipovány podle motorů a podle konstrukce. Jedná se o šicí stroje s klasickým asynchronním motorem a stroje se servomotorem.

a) Šicí stroje se servomotorem

1. PFAFF 1183 - universální šicí stroj s vázaným stehem

Jedná se o univerzální šicí stroj s vázaným stehem, spodním a jehelním podáváním. V hlavě stroje je zabudovaný servomotor EcoDrive.

Parametry šicího stroje PFAF 1183:

- maximální rychlost šití: 5 500 stehů/min.,
- maximální délka stehu: 4,5 - 6 mm,
- elektrické napětí: 230 V,
- příkon: 400 W.

2. PFAFF 1181 - universální šicí stroj s vázaným stehem

Jedná se o univerzální šicí stroj s vázaným stehem, spodním podáváním a jehelním podáváním a zabudovaným servomotorem EcoDrive v hlavě stroje.

Parametry šicího stroje PFAF 1181:

- maximální rychlost šití: 5 500 stehů/min.,
- maximální délka stehu: 4,5 mm,
- elektrické napětí: 220 V,
- příkon: 450 W.

b) Šicí stroje s asynchronním motorem

3. Brother SL-1110-3 - jednojehlový průmyslový šicí stroj základní konstrukce

Jedná se o universální šicí stroj s dvounitným vázaným stehem pro lehké a střední materiály.

Parametry šicího stroje Brother SL-1100-3:

- maximální rychlost šití: 5 500 stehů/min.,
- maximální délka stehu: 4,2 mm,
- elektrické napětí: 220 V,
- příkon: 500 W.

4. Brother 777B - jednojehlový šicí stroj s dvounitným vázaným stehem

Tento typ šicího stroje je určen pro středně těžké materiály.

Parametry šicího stroje Brother 777B:

- max. otáčky stroje: 4 500 ot/min.,
- maximální délka stehu: 4 mm,
- elektrické napětí: 220 V,
- příkon: 450 W.

4.3 Technické údaje udávané při měření

Údaje jsou zjišťovány a měřeny na dílně Střední průmyslové školy oděvní a ve firmě Pfaff. Měření probíhalo při přidávání otáček (operační rychlosti) šicího stroje.

a) Šicí stroje se servomotorem

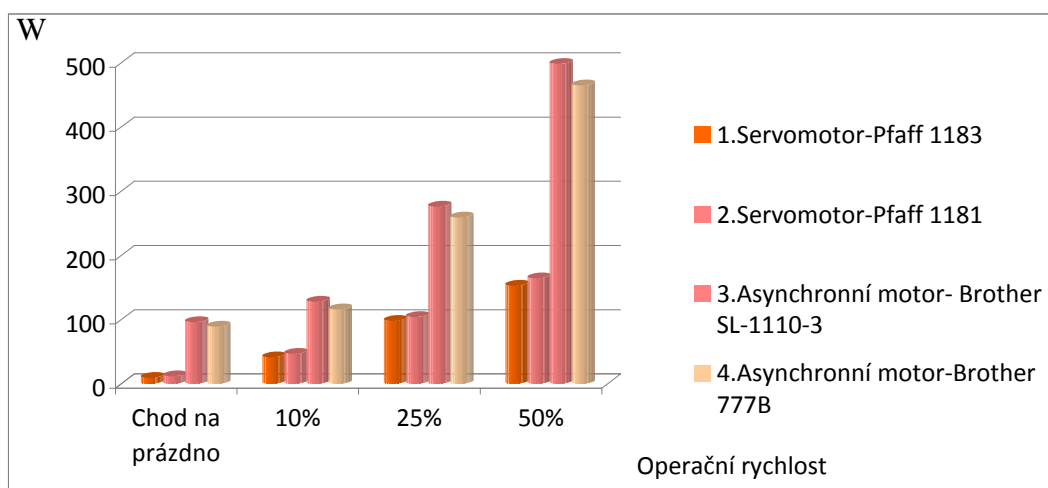
	Chod na prázdkno	10 %	25 %	50 %
PFAFF 1183	9,2 Wh	41 Wh	98 Wh	152,8 Wh
PFAFF 1181	11,7 Wh	46,6 Wh	104 Wh	164,2 Wh

Tabulka 1: Spotřeba elektrické energie u strojů se servomotorem

b) Šicí stroje s asynchronním motorem

	Chod na prázdkno	10 %	25 %	50 %
Brother SL-1110-3	96 Wh	128 Wh	276 Wh	498 Wh
Brother 777B	89 Wh	115,8 Wh	259 Wh	465 Wh

Tabulka 2: Spotřeba elektrické energie u strojů s asynchronním motorem



Graf 1: Spotřeba el. energie u strojů se servomotorem a asynchronním motorem

Další měření probíhalo při sešívání bočních krajů PD a ZD kalhot. Měření trvalo vždy 1hodinu. Zde je patrný hlavní rozdíl v tom, že šicí stroj se servomotorem nepracuje nepřetržitě, tudíž má menší spotřebu elektrické energie.

Šicí stroje	Spotřeba za 1h
PFAFF 1183	0,106 kW
PFAFF 1181	0,128 kW
Brother SL-1110-3	0,276 kW
Brother 777B	0,203 kW

Tabulka 3: Spotřeba šicích strojů za 1hodinu

5. Srovnání strojů z hlediska spotřeby nití a produktivity

“ Spotřeba nití pro 2-nitný vázaný steh se určuje dvěma způsoby:

a) *Metoda přibližného výpočtu*

$$D = (2a + 2h) * n$$

D...délka nitě na 10 mm [mm]

a ...délka stehu [mm]

h ... tloušťka materiálu [mm]

n ... počet stehů na 10 mm

b) *Přímým měřením spotřeby nití*

Spotřeba je zjištěna změřením délky nitě na 10 cm délky švu.

5.1 Faktory ovlivňující spotřebu nitě

Nejdůležitější faktory, které ovlivňují spotřebu šicích nití jsou:

- tloušťka šitého materiálu,
- hustota stehu,
- napětí nitě.

Dalšími faktory jsou například:

- pevnost švu,
- jemnost a druh šicí nitě,
- druh stehu,
- pevnost švu. ,, [15]

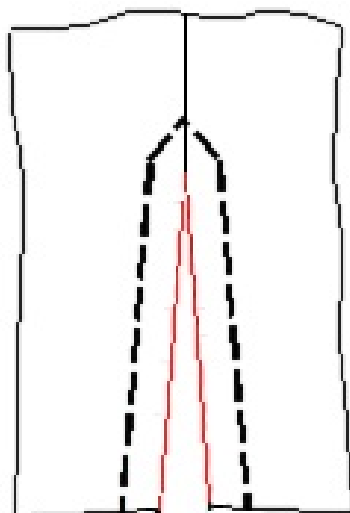
5.2 Metoda stanovení spotřeby nití u stroje s asynchronním motorem a servomotorem

Pro porovnání spotřeby nití u těchto motorů jsem použil metodu přibližného výpočtu. Pro stanovení spotřeby nití jsem si vytvořil 2 vzorníky, které jsem ušil na jednotlivých strojích s těmito odlišnými motory. Podle pana Němce, majitele firmy Pfaff servis Prostějov, se ušetří na stroji se servomotorem s automatickým odstřihem nití až 15 - 20 % nití.

Byla zvolena technologická operace

Dotykový rozparek u sukně – v bočním švu

- podlepit rozparkové podsádky lepící vložkou,
- obnitkovat boční okraje sukně a v návaznosti okraje rozparkových podsádek, dále obnitkovat dolní okraj sukně,
- sešít levý boční kraj sukně, šít od pasového okraje až po značku, která určuje výšku rozparku,
- rozžehlit šz levého bočního švu, přes délku rozparku předžehlit kraje rozparku dle naznačení,
- naznačit šířku koncové záložky,
- předšít vnější rožky dotykového rozparku,
- obrátit rohy u dolního kraje na líc, vymnout a sežehlit, v pokračování předžehlit koncovou záložku,
- prošít rozparek z lící strany do žádaného tvaru,
- vyžehlit rozparek.



Obrázek 19: Dotykový rozparek – v bočním švu [vlastní]

Šití probíhalo na těchto strojích:

- a) PFAFF 1183 – šicí stroj se servomotorem,
- b) Brother 777B – šicí stroj s asynchronním motorem.

a) PFAFF 1183 - s odtříhem nití

D... délka nitě na 10 mm [mm]

a ... 2,5 [mm]

h ... 0,25 [mm]

n ... 4 [počet stehů na 10 mm]

$$D = (2 * 2,5 + 2 * 0,25) * 4$$

$$D = 22 \text{ mm [délka nitě na 10 mm]}$$

Změření celého vzorníku: 63 cm šicí nitě = 630 mm * 22 = 13 860 mm spotřeba šicí nitě.

b) Brother 777B

D... délka nitě na 10 mm [mm]

a ... 2 [mm]

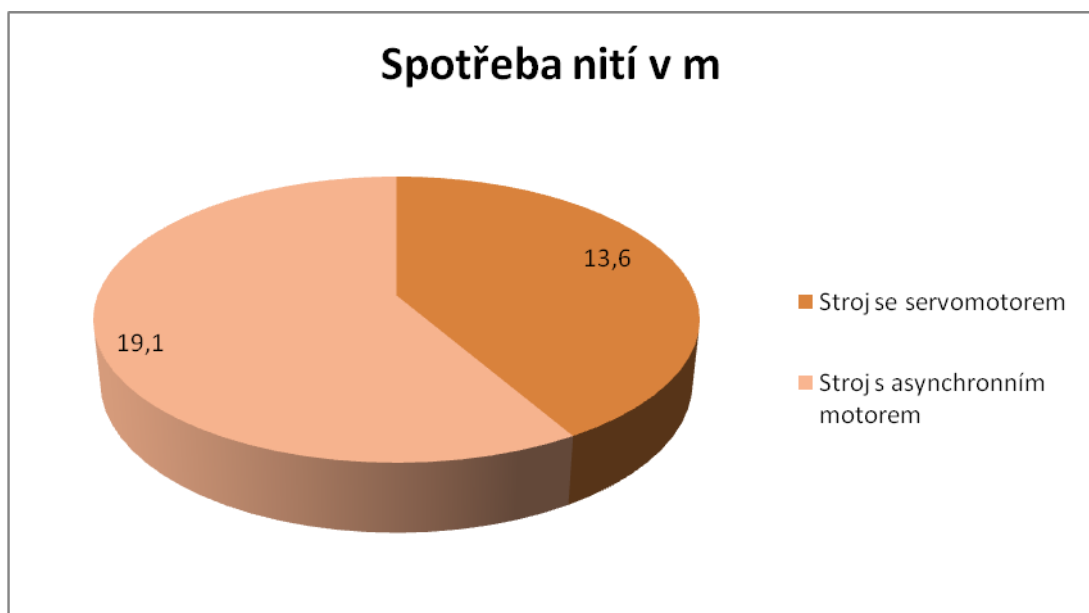
h ... 0,25 [mm]

n ... 5 [počet stehů na 10 mm]

$$D = (2 * 2 + 2 * 0,25) * 5$$

$$D = 22,5 \text{ mm [délka nitě na 10 mm]}$$

Změření celého vzorníku: 63 cm šicí nitě + nevyžádané nitě, které jsou bez odstřihu
 $22 \text{ cm} = 850 \text{ mm} * 22,5 = 19\,125 \text{ mm}$ spotřeba šicí nitě.



Graf 2: Spotřeba nití u strojů se servomotorem a asynchronním motorem

Jak je vidět z grafu č. 2, spotřeba nití u šicího stroje s asynchronním motorem je v porovnání se strojem se servomotorem s plnou automatizací daleko větší, než jsem předpokládal, a to o 16 %. Pro firmy by byla výše tohoto čísla z ekonomického hlediska jistě zajímavá a zvažovaly by, zda si pořídit šicí stroj s asynchronním motorem nebo šicí stroj se servomotorem.

5.3 Produktivita

Šicí stroje se v posledních letech vyvíjely neuvěřitelnou rychlostí. Proto není divu, že se zvýšila rychlost šitého výrobku na dílně. Od toho se také odvíjí produktivita jednotlivých strojů. Podle dosavadních poznatků je produktivita šicího stroje se servomotorem s plnou automatizací o 20 % větší než na šicím stroji s asynchronním motorem.

a) Šicí stroj se servomotorem, plnou automatizací

Automatizace šicího procesu probíhala stupňovitě. Nejdříve byly šicí stroje s automatizačními prvky, např. odstřih nitě, zdvih přítlačné patky, později poloautomaty s automatickým vedením a odkládáním díla a poté automatické šicí stroje s automatickým vedením díla pod patku šicího stroje.

Dnes se ještě připočte automatické zapožití, odhoz nitě, nastavení pozice jehly, panel na hlavě stroje pro volbu funkcí. Toto všechno má velký vliv na produktivitu. Firmy nakupují většinou jen tyto stroje, protože ví, že jim to urychlí práci.

b) Šicí stroj s asynchronním motorem

U stroje s asynchronním motorem je mnoho aspektů, které nám zpomalují rychlost šitého výrobku, jako například:

- zvedání patky na upevnění šitého materiálu,
- otáčení kolečkem,
- zohýbání se pro nůžky na odstřih nití,
- posunování šitého materiálu,
- zapožití držením páčky.

Při přípravě vzorníku byly použity tyto stroje:

- stroj se servomotorem s plnou automatizací - šití trvalo

5 min

,

- stroj s asynchronním motorem – šití trvalo

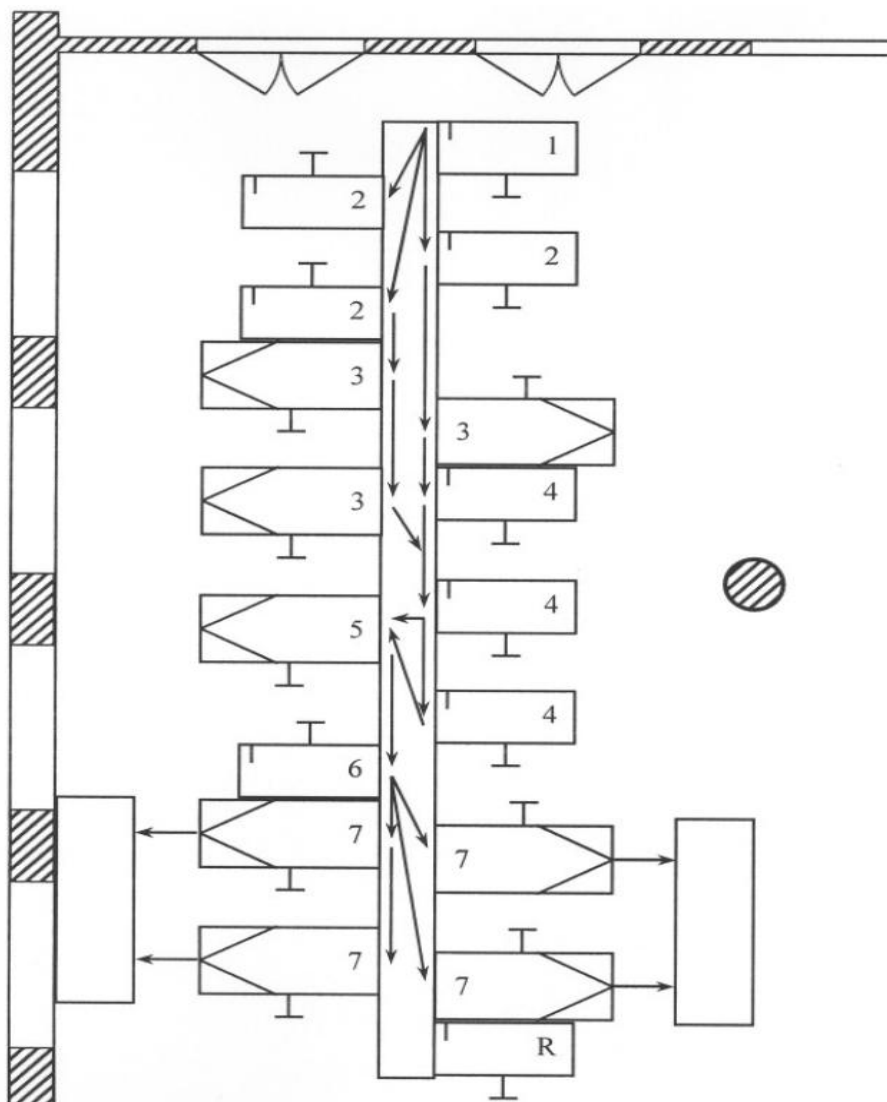
7 min

.

Z tohoto příkladu vyplývá, že na stroji s asynchronním motorem se vzorník šil déle, a to o 16 % , než na stroji se servomotorem s plnou automatizací.

6. Dílna vyrábějící pánské kalhoty

Na příkladu dílny, která vyrábí pánské kalhoty demonstruji nahrazení zastaralého strojního vybavení stroji s plnou automatizací. Dílna se zabývá výrobou pánských kalhot.



Obrázek 20: Šicí dílna [10]

Na obrázku je ukázána část šicí dílny, kde se používají staré stroje s asynchronním motorem. Na dílně mají devět těchto šicích strojů a já je nahradím stroji novými se servomotorem. Budu se zabývat jen jednojehlovými šicími stroji s vázaným stehem 301, protože jsem na tyto stroje prováděl různá srovnání.

6.1 Používané stroje na dílně

Na dílně jsou šicí stroje v následujícím množství:

- **5x šicí stroj Brother SL-1110-3**

Jedná se o jednojehlový průmyslový šicí stroj se spodním podáváním pro lehké a středně těžké materiály. Maximální rychlost šití je 5 500 stehů/min., maximální délka stehů 4,2 mm. a příkon 500 W.

- **4x šicí stroj Brother SL-777B**

Jedná se o jednojehlový šicí stroj s vázaným stehem pro středně těžké materiály. Maximální délka stehu je 4 mm, maximální rychlost šití 4 500 stehů/min., příkon 450 W.

6.2 Nahrazení stroji s plnou automatizací

Firma si vybrala šicí stroje od firmy PFAFF, s.r.o. Firma jim nabídla bezkonkurenční ceny, roční servis zdarma a namontování šicích strojů na dílnu.

- **3x PFAFF 1181**

Universální šicí stroj s vázaným stehem, spodním a jehelním podáváním, zabudovaným servomotorem EcoDrive v hlavě stroje. Maximální rychlost šití je 5 500 stehů/min., maximální délka stehu 4,5 mm., příkon 450 W.

- **6x PFAFF 1183**

Jedná se o universální šicí stroj s vázaným stehem, spodním podáváním a jehelním podáváním. V hlavě stroje má zabudovaný servomotor EcoDrive. Maximální rychlost šití je 5 500 stehů/min., maximální délka stehu 4,5 - 6 mm, příkon 400 W.

7. Studie nutných investic šicí dílny

Dílna si pořídí 9 nových strojů se servomotorem, plnou automatikou. V tabulce uvedu, kolik bude investice firmu stát. Ceny jsou bez DPH.

Šicí stroj	Pfaff 1183
Cena 1 stroje	33 330,89 Kč
6x Pfaff 1183	199 985,34 Kč

Tabulka 4: Cena šicího stroje Pfaff 1183

Šicí stroj	Pfaff 1181
Cena 1 stroje	53 299,40 Kč
3x Pfaff 1181	159 898,2 Kč

Tabulka 5: Cena šicího stroje Pfaff 1181

Cena celkem: 159 898,20 Kč + 199 985,34 Kč = 359 883,54 Kč

Celkové vynaložení dílny za šicí stroje je **359 883,54 Kč**.

7.1 Ekonomická návratnost šicí dílny

Na dílně mají také hlavní slovo šicí stroje s motory asynchronními. Je to z toho důvodu, že jejich pořizovací cena je mnohem nižší, než šicí stroje se servomotorem s plnou automatikou. Tyto stroje mají ale prokazatelně dražší provoz. Vyměnění těchto motorů v dílnách nebo pořízení šicích strojů se servomotory přímo do nových firem je velmi důležité, a to z toho důvodu, že úspory se provozem vrátí za pár let zpět.

Na dílně se šije denně 8h. Na příkladu, kdy se na strojích sešívají boční dílce kalhot demonstrují spotřebu elektrické energie.

Šicí stroje	Spotřeba za 8h	Spotřeba za měsíc
PFAFF 1183	0,848 kW	17,808 kW
PFAFF 1181	1,024 kW	21,504 kW

Tabulka 6: Spotřeba šicích strojů se servomotorem

Cena 1 kW pro rok 2011 je 4,61 Kč . Spotřeba 9 strojů za měsíc je **171,36 kW**.

Měsíční spotřeba bude tedy pro šicí stroje se servomotorem $171,36 * 4,61 = \mathbf{789,97 \text{ Kč}}$.

Šicí stroje	Spotřeba za 8h	Spotřeba za měsíc
Brother SL-1110-3	2,208 kW	46,368 kW
Brother 777B	1,624 kW	34,104 kW

Tabulka 7: Spotřeba šicích strojů s asynchronním motorem

Spotřeba 9 strojů za měsíc je **368,26 kW**.

Měsíční spotřeba bude tedy pro šicí stroje s asynchronním motorem $368,26 * 4,61 = \mathbf{1\,697,67 \text{ Kč}}$.

Jak je vidět z propočtů, dílna ušetří měsíčně **907,70 Kč** v případě, že si pořídí šicí stroje se servomotorem. Zde musím podotknout, že se jedná jen o šicí stroje jednojehlové s vázaným stehem 301. Ročně by dílna ušetřila **10 892 Kč**.

*Měsíčně dílna díky produktivitě 9 nových šicích strojů se servomotorem ušije o 147 kalhot více než se starými stroji (viz. další kapitola). Za rok je to již **1 617 kalhot**.*

Výrobek	Zisk
Zisk z jednoho výrobku	100 Kč
Zisk z 1 617 výrobků	161 700 Kč

Tabulka 8: Roční zisk dílny získaný díky produktivitě s novými stroji

Za rok tedy dílna získá díky produktivitě nových strojů 161 700 Kč zisku + 10 829 Kč za ušetření energie + ušetření za servis 4 000 Kč = **176 529 Kč**.

Návratnost investování za nové šicí stroje je tedy zhruba za 2 roky a 1 měsíc.

7.2 Produktivita dílny

V bakalářské práci se budu o produktivitu dílny zajímat pouze okrajově. K tomuto účelu se používá program Witness, což je software pro simulaci a optimalizaci výrobních, obslužných a logistických systémů britské společnosti Lanner group.

Produktivitu jsem zkoumal na strojích se servomotorem a s asynchronním motorem. Na těchto strojích byly šity pánské kalhoty. Na příkladu vypočítám výrobní kapacitu dílny. Údaje o normočasu výrobku jsou poskytnuty panem Němcem, majitelem Pfaff servis, s.r.o.

Pro výpočet výrobní kapacity platí vztah:

$$VK = \frac{Fv\check{c}}{N\check{c}} = \frac{Q}{t}$$

VK ... výrobní kapacita

$Fv\check{c}$... fond výrobního času

$N\check{c}$... normočas výrobku, pracnost

Q ... objem výroby, množství výrobků

t ... čas, za který má být objem výroby vyrobený

Zde je potřeba si uvědomit, že se výroba na dílně zrychlí pouze nepatrně, protože měníme jen šicí stroje jednojehlové s vázaným stehem 301.

a) Šicí stroje se servomotorem

U šicích strojů se servomotorem bude normočas výrobku menší než u stroje s asynchronním motorem.

$$N\check{c} = 50,8 \text{ min} = 0,847 \text{ h.} \quad Fv\check{c} = 7,5 * 60 = 450 \text{ h.}$$

$$VK = 450 / 0,847 = \mathbf{531 \text{ výrobků za jednu směnu}}$$

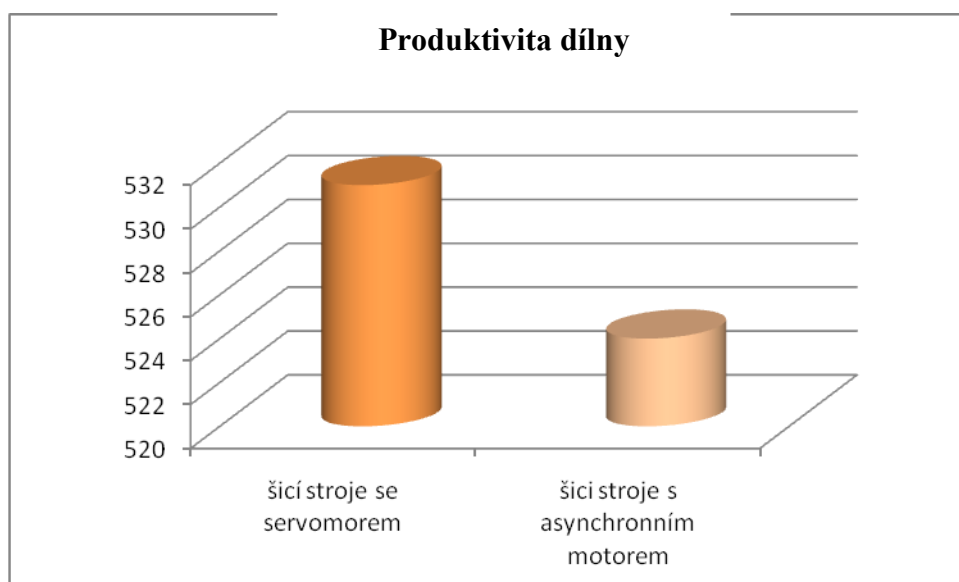
b) Šicí stroj s asynchronním motorem

U šicích strojů s asynchronním motorem bude normočas výrobku vyšší.

$$N\check{c} = 51,5 \text{ min} = 0,858 \text{ h.} \quad Fv\check{c} = 450 \text{ h.}$$

$$VK = 450 / 0,858 = \mathbf{524 \text{ výrobků za jednu směnu}}$$

Jak je vidět na příkladu, dílna s novými přidanými stroji by udělala o 7 výrobků za směnu více, než dílna se starými stroji s asynchronním motorem. Měsíčně by to činilo **147 výrobků**.



Graf 3: Produktivita dílny

Závěr

Cílem této bakalářské práce je studie nahrazení starých strojů se spojkovým asynchronním motorem stroji se servomotorem s plnou automatikou. Po vypracování této práce se ztotožňuji s názorem, že i když jsou šicí stroje se servomotorem leckdy i dvakrát dražší než stroje s motorem asynchronním, firmě se i přesto vyplatí do těchto strojů investovat.

Měření, které probíhalo vždy na dvou strojích, a to se servomotorem a s asynchronním motorem na dílně SPŠ Oděvní a na dílně ve firmě Pfaff, bylo časově náročné. Měřením bylo zjištěno, že spotřeba šicího stroje se servomotorem, který má motor zabudovaný v hlavě stroje byl o více než 50 % úspornější než stroj se spojkovým asynchronním motorem. I při chodu na prázdko zde byl vidět obrovský rozdíl ve spotřebě energie. Hlavní rozdíl ale vidím v tom, že šicí stroj s asynchronním motorem pracuje nepřetržitě, tudíž má velkou spotřebu energie.

Při zjišťování spotřeby nití jsem použil metodu přibližného výpočtu. Po ušití dvou vzorníků, které jsem šil na každém stroji zvlášť jsem zjistil, že na stroji s asynchronním motorem je o 16 % větší spotřeba nití, což je vcelku významný výsledek.

Z hlediska produktivity je u šicího stroje se servomotorem citelně znát plná automatika. Má velký vliv na dobu ušití výrobku. Podle pana Němce, majitele firmy Pfaff, s.r.o., je produktivita o 20 % větší než na šicím stroji s asynchronním motorem.

Na příkladu dílny, která šije pánské kalhoty bylo demonstrováno nahrazení starých strojů novými. Jednalo se pouze o šicí stroje jednojehlové s vázaným stehem 301, protože jsem na tyto stroje prováděl různá srovnání. Jedná se o nákladnou investici, ale ročně je tím ušetřena nemalá částka za spotřebu energie. Na dílně by se rovněž zrychlila výroba, kdyby se firma rozhodla pro nové šicí stroje se servomotorem.

Po ukončení mé práce mohu konstatovat, že v dnešní době se nevyplatí kupovat stroje s asynchronním motorem. Pokud chce firma obstát v konkurenci a vytvářet zisk, měla by se zaměřit na šicí stroje se servomotorem.

Tato bakalářská práce může být inspirací pro budoucí studenty, kteří ji mohou rozvést více dopodrobna a věřím, že pomůže možným zájemcům při orientaci v problematice motorů.

Použitá literatura

- [1] Elektromotor [online]. Dostupné z <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromotor>> [citováno dne 2.10.2010].
- [2] PAVELKA, J., ČEŘOVSKÝ Z., JAVŮREK J. *Elektrické pohony*. ČVUT Praha, 1997.
- [3] ROUBÍČEK, O. *Elektrické motory a pohony*. BEN – Technická literatura, 2004.
- [4] SOUČEK, P. *Pohony výrobních zařízení. Servomechanizmy*. Praha, ČVUT, 1997.
- [5] ELEKTRICKÉ STROJE - *asynchronní motory*. Integrovaná střední škola, centrum odborné přípravy - Valašské Meziříčí, skripta 2005, 2006.
- [6] NAVRÁTILOVÁ, E. *Asynchronní motor*. Střední škola, Havířov-Šumbark.
- [7] STÝSKALA, V., DUDEK, V. *Speciální elektrické stroje, Určeno pro studenty kombinované formy FS, předmětu elektrotechnika II*, 2007.
- [8] SKALICKÝ, J. *Elektrické servopohony*. VUT Brno.
- [9] ZELOVÁ K. *Automatizace spojovacího procesu*. TUL Liberec, 2009.
- [10] HAAS, V. *Oděvní stroje a zařízení I,II*. Praha Informatorium, 2000.
- [11] Kolektiv autorů. *Textilní a oděvní stroje II*, VŠST Liberec, 1991.
- [12] Stopmotory [online]. [citováno dne 18.12.2010]. Dostupné z <http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Pos/frvs608/stopmotory.htm>.
- [13] Pohony šicích strojů [online]. [citováno dne 18.12.2010]. Dostupné z <http://www.kod.tul.cz/frvs/FRVS_2527_2009/laboratorni_ukoly/charakteristika/pohony.pdf>.
- [14] TOMAN, R. *Experimentální stanovení spotřeby elektrické energie šicích strojů v návaznosti na vybrané technologické operace*. BP TUL, 2009.
- [15] Spojovací proces [online]. [citováno dne 20.02.2010]. Dostupné z <http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Saz/SAZ/Podklady_cvicen%C3%AD/01_08_SAZ.pdf>
- [16] Materiály od firmy Pfaff.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Podélný a příčný řez asynchronního motoru s kotvou: a) nakrátko	10
Obrázek 2: Podélný a příčný řez asynchronního motoru s kotvou: b) kroužkovou	11
Obrázek 3: Stator trojfázového asynchronního motoru	12
Obrázek 4: Rotor asynchronního motoru s vinutím nakrátko	13
Obrázek 5: Neměnný magnetický tok procházející rotorem při synchronních otáčkách	13
Obrázek 6: Spojení vinutí do hvězdy nebo do trojúhelníku	16
Obrázek 7: Motor s kroužkovou kotvou s trojfázovým vinutím kotvy a odpory	17
Obrázek 8: Momentová charakteristika asynchronního motoru	18
Obrázek 9: Servomotor	20
Obrázek 10: Stejnoseměrný motor s cizím buzením	20
Obrázek 11: Krokový motor	23
Obrázek 12: AC servomotor	25
Obrázek 13: Obecné schéma frekvenčního měniče s DC meziobvodem	27
Obrázek 14: Schematický obrázek spojkového elektromotoru pro šicí stroje	30
Obrázek 15: Schéma elektrického stopmotoru pro pohon šicích strojů	32
Obrázek 16: Schematický obrázek AC servomotoru pro šicí stroje	33
Obrázek 17: LCD displej pro stroj s vázaným stehem	33
Obrázek 18: Měřič spotřeby elektrické energie - Energy Monitor 3000	35
Obrázek 19: Dotykový rozparek – v bočním švu	41
Obrázek 20: Šicí dílna	45

Seznam tabulek

Tabulka 1: Spotřeba elektrické energie u strojů se servomotorem	37
Tabulka 2: Spotřeba elektrické energie u strojů s asynchronním motorem	37
Tabulka 3: Spotřeba šicích strojů za 1 hodinu	38
Tabulka 4: Cena šicího stroje Pfaff 1183	47
Tabulka 5: Cena šicího stroje Pfaff 1181	47
Tabulka 6: Spotřeba šicích strojů se servomotorem	48
Tabulka 7: Spotřeba šicích strojů s asynchronním motorem	48
Tabulka 8: Roční zisk dílny získaný díky produktivitě s novými stroji	48

Seznam grafů

Graf 1: Spotřeba el. energie u strojů se servomotorem a asynchronním motorem	37
Graf 2: Spotřeba nití u strojů se servomotorem a asynchronním motorem	42
Graf 3: Produktivita dílny	50

Seznam příloh






Příloha 1: Přehled šicích strojů se servomotorem.....	55
Příloha 2: Přehled šicích strojů s asynchronním motorem	56

Příloha

Cenové srovnání šicích strojů s motorem asynchronním a se servomotorem





V této kapitole porovnávám ceny šicích strojů se servomotorem a s asynchronním motorem. Jsou zde zohledněny jednojehlové průmyslové šicí stroje se spodním podáváním a s vázaným stehem.

Šicí stroje se servomotorem

Název	Popis	Cena v Kč bez / s DPH	Obrázek
Brother S7200B-405/PFL TOP	Jednojehlový průmyslový šicí stroj se spodním podáváním, pohonem Direkt Drive, odstříhem, zvedáním patky a přehledným panelem, pro těžké materiály. Odhoz nitě po odstříhu nad patku pro čistý začátek šití.	39.900,00 47.880,00	
Brother SL-2110-403/PFL	Jednojehlový průmyslový šicí stroj se spodním podáváním, s odstříhem, zvedáním patky a ovládacím panelem pro lehké a středně těžké materiály. Max. 5 000 st./min, max.délka stehu 4,2 mm.	33.300,00 39.960,00	
PFAFF 1181-8/ BSk	Jednojehlový univerzální průmyslový šicí stroj s vázaným stehem. Zabudovaný servomotor EcoDrive v hlavě stroje, maximální rychlost šití 5 500 stehů/min., maximální délka stehu 4,5 mm.	47 969,46 53 299,40	
PFAFF 1163-6/01 BS kpl	Jednojehlový šicí stroj pro lehké a střední materiály, spodní podávání, odstříh nití, automatické zapoštění a zdvih patky, odhoz nití, maximální rychlost šití 5 000 stehů/min., délka stehu 5 mm.	23 786,52 26 436,02	
SIRUBA DL889K-M2-3 kp	Jednojehlový universální šicí stroj s vázaným stehem pro střední a těžký materiál, servomotor 230 V integrovaný v hlavě stroje, spodní podávání, maximální rychlost šití 5 000 stehů/min., maximální délka stehu 5 mm.	20 797,88 23 108,76	

Příloha 1: Přehled šicích strojů se servomotorem

Šicí stroje s asynchronním motorem

Název	Popis	Cena v Kč bez / s DPH	Obrázek
Brother SL-1110-3	Jednořehlový průmyslový šicí stroj se spodním podáváním, pro lehké a středně těžké materiály. Max. 5 500 st./min., max. délka stehů 4,2 mm.	17 900,00 21 480,00	
PFAFF 1163	Jednořehlový univerzální průmyslový šicí stroj s vázaným stehem pro lehké a střední materiály, spodní podávání, maximální délka stehu 4 mm, centrální mazání, 5 000 stehů/ min.	10 660,00 11 900,00	
JUKI DDL- 8300/8700	Jednořehlový šicí stroj se spodním ponorným podáváním, na šití středně těžkých materiálů, centrální tlakové mazání pro dlouhou životnost, nastavitelná délka stehu, zapošívání.	10 040,00 12 040,00	
SIRUBA YF616-X2 kpl	Univerzální jednořehlový šicí stroj pro čalounickou a kožedělnou výrobu se spodním a horním patkovým podáváním na šití velmi těžkých materiálů. Velkoobjemový chapač, rychlost šití 2000 st./min., maximální délka stehu 8 mm, podávání 5 mm.	13 903,96 15 448,84	

Příloha 2: Přehled šicích strojů s asynchronním motorem

Jak vyplývá z těchto tabulek, šicí stroje se servomotorem jsou vesměs o polovinu dražší než šicí stroje s asynchronním motorem. Ceny u jednotlivých šicích strojů se rovnají částkám, které jsou uvedeny v katalogích firem, které se jejich prodejem zabývají.